VERGLEICHENDE PERSONEN- UND TEILKÖRPERDOSISMESSUNGEN BEI ZAHNÄRZTEN UND HELFERINNEN IN DER ZAHNÄRZTLICHEN PRAXIS

Erich Fritsch

1981

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
(Direktor:Prof. Dr. E.SONNABEND)
der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität München

VERGLEICHENDE PERSONEN- UND TEILKÖRPERDOSISMESSUNGEN BEI ZAHNÄRZTEN UND HELFERINNEN IN DER ZAHNÄRZTLICHEN PRAXIS

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Erich Fritsch
aus
Santiago de Chile

München 1980

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof.Dr.E.SONNABEND

Dekan: Prof.Dr.W.SPANN

Tag der mündlichen Prüfung: 26.Februar 1981

Meinen Eltern und meiner Frau gewidmet

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

GLIEDERUNG

I. EINFÜHRUNG	1
II. LITERATURÜBERSICHT	3
III.METHODE und MATERIAL	14
IV. ERGEBNISSE	18
V. KRITISCHE AUSWERTUNG	26
VI. ZUSAMMENFASSUNG	32
Schrifttum	34

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547028_0035

Vergleichende Personen- und Teilkörperdosismessungen bei Zahnärzten und Helferinnen in der zahnärztlichen Praxis

I. EINFÜHRUNG

In den letzten Jahren ist ein wachsendes Bewußtsein seitens der Bevölkerung über die Gefahren einer Strahlenexposition zu beachten. Verschiedene wissenschaftliche und öffentliche Organisationen befassen sich mit der potentiellen Gefährdung der Allgemeinheit durch Strahlenexposition. Diese Art der Menschengefährdung zählt heute zu den wichtigsten Problemem unserer Zeit und beansprucht deshalb die Aufmerksamkeit jedes Einzelnen.

Während die boilogische Wirkung von mittleren und hohen Strahlendosen weitgehend untersucht worden ist, bleiben Aussagen über eine kontinuierliche Exposition durch niedrige Dosen auf Grund noch zu geringer Anzahl von geeigneten Untersuchungsmethoden im Unklaren. Bemühungen die eventuell potentielle Gefahr der Ausübung der zahnärztlichen Röntgenologie zu objektivieren, scheitern am Mangel ausführlicher Kenntnisse über das somatische und biologische Risiko der Summierung niedriger Strahlendosen.

Auf Empfehlungen der ICRP (I n t e r n a t i o n a l C o m m i s i o n o n R a d i a t i o n P r o t e c t i o n) wurden von vielen Staaten Strahlenschutzvorschriften erlassen. Für den Zahnarzt in der B.R.D. sind in der Röntgenverordnung vom 1.3.1973 die maßgebenden Strahlenschutzvorschriften enthalten. Im Rahmen seiner beruflichen Tätigkeit ist der Zahnarzt durch die Röntgenverordnung Strahlenschutzverantwortlicher und dadurch gesetzlich verpflichtet, die Strahlenexposition nicht nur für Patienten, sondern auch für sich selbst und für sein Hilfspersonal soweit wie möglich herabzusetzen.

Eine Überprüfung zahnärztlicher Röntgengeräte in der Bundesrepublik auf Strahlensicherheit (R ö p a k - V e r f a h r e n) zeigte apparative Mängel und erbrachte Hinweise auf erhebliche Überdosierungen,sowie fehlerhaftes Verhalten bei der Anfertigung von Röntgenaufnahmen. Die Auswertungsstelle für Strahlendosimeter des Instituts für Strahlen- und Umweltforschung (Neuherberg bei München) zeigte bei der Überwachung zahnärztlicher Praxen im Jahre 1967/68, daß sich die Anteile von Zahnärzten mit Strahlenexpositionen an den Händen als unerwartet hoch erwiesen, während sich die am Rumpf ermittelten Dosen als nicht alarmierend herausstellten. Diese Ergebnisse werfen die Frage auf, ob die im Jahre 1967/68 gemessenen Dosen heute,nach der Strahlenschutzgesetzgebung, noch ebenso hoch sind.

Zur Beantwortung dieser Frage soll die aktuelle Strahlenexposition des Zahnarztes und seines Hilfspersonals ermittelt werden.

II. LITERATURÜBERSICHT

1. Über die Gefahren der Röntgenstrahlenanwendung

Ein Einblick in die Geschichte der Röntgenologie erlaubt uns festzustellen, daß selbst W.C.RÖNTGEN sehr früh die Gefahren der von ihm entdeckten Strahlen erkannt hat. In seiner zweiten Mitteilung an die Physikalische Medizinische Gesellschaft von Würzburg berichtete er, daß er sich mit seinen Instrumenten während seiner Versuche in einer mit Blei verstärkten Zinkkiste aufgehalten habe (19). So hat der Entdecker der Röntgenstrahlen bereits im Jahre 1896 angedeutet, daß die beruflich bedingte Strahlenexposition zu beachten und ein besonderer Schutz für den Untersucher von Nöten sei.
Die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Zahnmedizin und somit auch die potentielle Gefährdung des Zahnarztes und seines Hilfspersonals begannen, als 14 Tage nach der Veröffentlichung von RÖNTGEN im Dezember 1895 WALKHOFF, Zahnarzt in Braunschweig, die erste Zahnaufnahme bei sich selbst anfertigen ließ. Die Expositionszeit von 25 Minuten ist kennzeichnend für die hohen Belichtungszeiten der ersten Röntgenaufnahmen. Dieses gefährliche Experiment zeigte die Unkenntnis der Gefahren der Röntgenstrahlenanwendung seitens der Pioniere dieses Verfahrens (52.)
Bereits 1899 hatte der Journalist DENNIS vor der Zahnärztlichen Gesellschaft in New York die Forderung gestellt, daß nur solche Personen an Röntgenapparaten tätig sein dürften, die außer der Vorhandenen beruflichen Qualifikation über eine klare Kenntnis aller Sicherheitsrisiken verfügen sollten, um Folgeschäden am Patienten und an sich selbst zu vermeiden (7).
ROLLINS, der Erfinder des Flouroskopiespiegels, erkannte sehr bald die Gefahren dieser Technik durch Verbrennungen am eigenen Körper. Im Jahre 1901 setzte er sich dafür ein, daß Personen, die Röntgenstrahlen anwenden, eine Brille aus strahlenundurchlässigem Material tragen sollten. Ferner forderte er eine geeignete Ummantelung des Röntgenapparates, um die Strahlendurchlässigkeit abzublocken (10). Aufgrund der vorliegenden Berichte kann festgestellt werden, daß bereits damals die Gefahren der X-Strahlenanwendung erkannt wurden. Man besann sich auf Möglichkeiten zur

Kontrolle. Es gab Vorschläge für eine spezielle Fachausbildung und Berufsgenehmigung (10).

Während akute Verbrennungen der Frühentwicklung der oralen Röntgenologie angehörten, berichtet Autoren immer wieder über Spätschäden (9, 11, 14, 15, 18, 21, 22, 23, 57, 58). Es handelt sich hier lediglich um Berichte über Zahnärzte, die vorwiegend Läsionen an den Fingern aufweisen. Diese reichen von der Röntgendermatitis bis zum Karzinom (15, 46, 57, 58). Ursache dieser Läsionen war die damalige Unsitte des Haltens der Filme im Mund des Patienten durch den Zahnarzt selbst oder durch dessen Hilfspersonal (51).
1959 fand PARMA bei der Untersuchung von 2785 tschechoslowakischen Zahnärzten 13 mit Hautschäden an den Händen durch Röntgeneinfluß (25).
1964 gaben MÄGLIN und GÜLZOW in einer zahlenmäßigen Erfassung der Berufskrankheiten des Zahnarztes in der Schweiz 6 gemeldete Fälle mit Strahlenschäden an den Händen bei 1466 erfaßten Zahnärzten an (22).
Bei einer Untersuchung an der Mayo-Klinik in den Vereinigten Staaten konnten durch KUNZEL und YOUNG von 194 Strahlengeschädigten 52 Zahnärzte ermittelt werden. Weiterhin teilten Sie mit, daß 31 % dieser Fälle zur Krebsentstehung geführt haben (57).
Die Gefährdung des zahnärztlichen Personals dokumentiert GÜNTHER (14) am Fall einer Röntgenassistentin, die die Warnung ihres Vorgesetzten nicht beachtete, den Film nicht selber zu halten. Nach Jahren traten Veränderungen an den Fingern auf, die mit der Amputation beider Hände endeten (14).
Nach Auskunft der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege sind von 1945 bis 1967 6 Fälle von Strahlenschäden an den Händen bei zahnärztlichen Hilfskräften gemeldet worden (47).
Insgesamt kam 1977 auf 200 Zahnärzte einer mit angegebenen strahlenbedingten Veränderungen an den Händen (46).
Amerikanische Autoren fanden bei 293 Fällen chronischer strahlenbedingter Verbrennungen eine durchschnittliche Latenzzeit von 4,8 Jahren bis zur Entstehung einer Röntgendermatitis. Für die spinozellulären Karzinome findet man in der Literatur Latenzzeiten zwischen 9 und 26 Jahren (14).

Das Zustandekommen dieser chronischen Hautschäden beruht auf der Unkenntnis der Gefahren der Kummulation an sich unbedeutender Einzeldosen, andererseits sind sie Ausdruck einer bedenklichen Gleichgültigkeit des Strahlenbeschäftigten im Umgang mit Röntgenstrahlen (9).
Über den Zusammenhang zwischen Leukämie und chronischer Strahlenbelastung ist vieles veröffentlicht worden. Es steht fest, daß eine höhere Strahlenbelastung größerer Bevölkerungsteile zu einem vermehrten Auftreten von Leukämiefällen in diesen Bevölkerungsteilen führt (34).
Untersuchungen von ULRICH, MARCH und WARREN ergaben, daß zwischen 1940 und 1960 die Leukämieerkrankungshäufigkeit bei amerikanischen Radiologen erheblich höher lag als bei anderen Medizinern (56). Neuere Mitteilungen zeigen, daß der Lebensaltersunterschied von 5,2 Jahren zu ungunsten der Radiologen heute nicht mehr besteht.
SEELENTAG erklärt diesen Unterschied dadurch, daß in der Statistik früherer Jahrzehnte noch eine Zahl älterer Radiologen erhalten ist, in welcher der Strahlbenbeschäftigte Strahlendosen empfing, die in der Größenordnung höher lagen als heute (35).
WARREN weist darauf hin, daß Röntgenologen jüngerer Promotionen strahlenschutzbewußter handeln.
Nach einer Untersuchung der Todesursache bei Zahnärzten aus Massachussetts konnten WARREN und LOMBARD im Jahre 1964 Krebs als Todenursache feststellen. Die Krebsinzidenz war gleich die der allgemeinen Bevölkerung. Es war kein Hinweis auf den Einfluß von Röntgenstrahlenexposition in der Mortalität der Zahnärzte festzustellen (56).

2. Über den zahnärztlichen Röntgenapparat und seine Bedeutung als Strahlenquelle

Zahnärztliche Röntgenapparate werden oft als weniger gefährlich als allgemein medizinische betrachtet. SEELENTAG (34) warnt davor, die Gefahren der Anwendung dieser Kleinapparaturen zu unterschätzen. Besonders wichtig erscheint in dieser Beziehung die Beobachtung von GAUWERKY, der drei Jahre lang in Hamburg Strah-

lenschutzmessungen mittels der Filmschwärzungsmethode durchgeführt hat.Diese zeigen,daß Überschreitungen der höchstzulässigen Dosen häufig bei Zahnärzten und Orthopäden vorkommen. Ursache in beiden Fällen war die Anwendung von Kleinapparaturen (14).

Während der Betätigung eines Röntgenapparates tritt die ionisierende Strahlung in folgenden Formen auf:

1) Primär-,direkte oder Nutzstrahlung
2) Sekundär- oder Streustrahlung
3) Durchlaß- oder Leckstrahlung

Hinsichtlich der Gefährdung des Untersuchers gilt die Streustrahlung als wichtigste Gefahrenquelle,gefolgt von der Nutzstrahlung und Durchlaßstrahlung.

a) Nutzstrahlung

Diese Strahlung wird auch Primär- oder direkte Strahlung genannt.Ihre Richtung kann eingestellt werden und deshalb wird sie als kontrollierbar bezeichnet.

Die Bedeutung dieser Strahlenform als Expositionsquelle zeigen die Messungen von REGULLA (29). Die durchgeführten Messungen zeigen die auftretenden Dosen an einem Oralix-Gerät der Firma C.H.F.Müller.

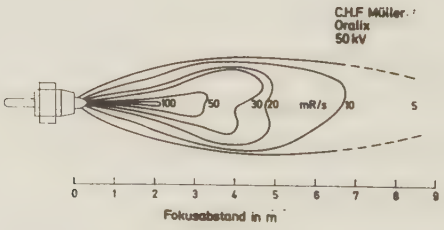

Abb.1
Ausbreitung der Isodosen in Strahlenrichtung an einem zahnärztlichen Röntgengerät (ohne Patient)

Die in der Abbildung eingezeichneten Isodosen vermitteln eine Vorstellung über das mögliche Ausmaß und die Reichweite der Nutzstrahlung beim Betreiben eines Röntgenapparates ohne Patienten. Bei einer Belichtungszeit von einer Sekunde konnte eine Dosis von 50 rem unmittelbar am Röhrenfenster ermittelt werden, 500 mrem/sec auf ein Meter Entfernung, 50 mrem/sec auf drei Meter und 5 mrem/sec auf neun Meter Abstand von der Strahlenquelle.

Diese Werte sind ein deutlicher Beweis dafür, daß die Leistung von Kleinapparaturen nicht zu unterschätzen ist. Ausserdem machen diese Werte das Postulat leicht verständlich, daß die Strahlungsintensität mit dem Quadrat der Entfernung der Strahlenquelle abnimmt. Daher ist ersichtlich, warum Abstandhalten als die Grundverhaltensregel im Strahlenschutz betrachtet werden.

In direkter Beziehung zur Primärstrahlung als Gefahrenquelle wird von VON RECKOW, ENGLISH, GÜNTHER, SONNABEND u.A. (51, 9, 14, 40) die vielfach geübte Unsitte des Selbsthaltens des Filmes im Mund des Patienten während dem Auslösen einer Röntgenaufnahme gesehen.

KELLER und PÖSCHEL (18) ermittelten die Dosen, die bei einem ganzen Zahnstatus hinter dem belichteten Film aufgetreten sind, und bei einer üblichen Technik den Finger trafen. Die Mittelwerte der auftretenden Dosen lagen dabei zwischen 0,14 rem nach der Durchstrahlung eines Zahnes und bei 0,70 rem bei der Durchstrahlung der Weichteile. Ein Mittelwert zwischen diesen Werten gibt 0,42 rem. Das bedeutet etwa 50 rem pro Zahnstatus. Unter ungünstigen Umständen kann örtlich ein Finger im extremen Fall bis 15 rem pro Zahnstatus erhalten.

Bei der Annahme, daß ein Zahnarzt pro Arbeitstag 5 Aufnahmen halten würde, sollte nach 7,5 Jahren mit einer Tumordosis gerechnet werden (18).

Auch ZINGSHEIM macht auf die Röntgenschädigung der Finger bei Zahnärzten aufmerksam. Er weist auf die individuelle Strahlenempfindlichkeit hin, nach der manifeste Schäden nicht unbedingt auftreten müssen. Da sich Einzelstrahlungen summieren, wird eine Reaktionskette ausgelöst, deren Folgen erst nach Jahrzehnten auftreten (58).

Diese heimtückischen Folgen der Summierung kleiner Dosen führen manchen Kollegen dazu, die Gefahren der Röntgenstrahlenanwendung nicht wahrzunehmen (14) und Aufklärungsversuche zu mißachten mit der Bemerkung: "er habe lange Zeit gegen alle Strahlenschutzvorschriften verstoßen ohne jede Hautveränderung davongetragen zu haben". (14)

b) Streustrahlung

Beim Durchgang durch Materie wird die Strahlung nicht nur absorbiert, sondern ohne Energieverlust (klassische Streuung) oder unter Energieeinbuße (Compton-Effekt) aus der ursprünglichen Richtung abgelenkt.
V.K.ILG (17) ist der Auffassung, daß die Sekundärstrahlung die besonders wichtige Quelle der Strahlenexposition des Zahnarztes und seines Personals ist. Diese Strahlung erweist sich als weicher als die Primärstrahlung, ihre Richtungsverteilung ist nicht kontrollierbar.
RICHARDS (33) befaßt sich besonders eingehend mit den Quellen der Streustrahlung. Als wichtigste Quelle sieht er den bestrahlten Teil des Kopfes des Patienten, die Wände des Tubus und die Filter des Röntgenapparates. Seine Untersuchungen mit einer Lochkamera machen deutlich, daß als Hauptquelle sekundärer Strahlung die bestrahlten Teile des Gesichtes und der Mundhöhle wirken. Der Anteil der Streustrahlung von den Weichteilgeweben erscheint hierbei größer zu sein als der von den Knochen und Zähnen ausgehende Teil.
Unter Streustrahlung werden die Strahlungen bezeichnet, die beim Durchgang durch Materie aus ihrer Richtung abgelenkt werden.

c) Durchlaßstrahlung

GÜNTHER (14) weist besonders darauf hin, daß das Apparatgehäuse nicht vollkommen strahlensicher ist. Hinsichtlich des Strahlenschutzes müssen heute die Hauben der DIN-Norm 6811 entsprechen,

wonach außerhalb des Nutzstahlenbündels in einem Meter Abstand von der Röhre an keiner Stelle mehr als 20 µrem/sec auftreten dürfen. Selbst wenn ein Zahnarzt bei jeder Zahnaufnahme einer Dosisleistung von 20 µrem/sec ausgesetzt würde, bliebe er mit etwa 1 rem/a weit unter den zugelassenen Grenzwerten für mit Röntgenstrahlen beruflich tätige Personen. Trotzdem kann aus folgenden Gründen die Leckstrahlung nicht unbeachtet bleiben:

1. Die Beiträge dieser Durchlaßstrahlung addieren sich zu der Streustrahlung
2. Die Durchlaßstrahlung besteht infolge der Vorfilterung durch die Gehäusewandung aus stark durchdringenden Strahlenanteilen
3. Die Vorstellung, daß die Schutzhauben absolut strahlensicher sind, veranlaßt den Strahlenanwender sich dieser zu nähern oder sogar den Röntgenkopf während der Aufnahme bedenkenlos zu halten

Ausführliche Information über die Durchlaßstrahlung bieten die an einer Siemens-Röntgenkugel von REGULLA (28) ermittelten Dosen. Dabei wurden am Gehäuse der Kugel Dosiswerte zwischen 0,6 und 6 mrem/sec und am Griffrand des Tubus 4 mrem/sec gemessen. Diese Werte zeigen die Bedeutung der gelegentlichen Unsitte des Haltens des Tubus, um das Verwackeln der Aufnahme zu verhindern. Schon auf ein Meter Entfernung reduziert sich die Durchlaßstrahlendosis auf 0,03 mrem/sec. Die oben beschriebene Röntgenröhre weist allerdings 50% mehr Durchlaßstrahlung als zulässig auf.

3. Höchstzulässige Strahlendosen

Für die Strahlenexposition verschiedener Personengruppen wurden von der ICRP (International Commission on Radiation Protection) Dosisgrenzwerte empfohlen. Diese Empfehlungen dienen als Basis für die nationalen Strahlenschutzverordnungen der Mitgliedsländer der Europäischen Gemeinschaft.
Die höchstzulässigen Dosen sind so festgelegt, daß sie dem heutigen Stand der wissenschaftlichen Untersuchungen entsprechend, akute, lokale oder allgemeine Strahlenerkrankungen ausschließen. Ebenso stellen sie das Risiko maligner Erkrankungen sowie Erbschäden auf ein anzunehmendes Minimum (11).

Die wichtigsten Rechtsvorschriften über die Anwendung ionisierender Strahlung in der Zahnmedizin befinden sich in der Röntgenverordnung vom 1.März 1973 (Röntgenstrahlenanwendung) und in der Strahlenschutzverordnung vom 13.Oktober 1976 (Anwendung radioaktiver Stoffe) (19,28).
Kernstück dieser Strahlenschutzvorschriften ist die gesetzliche Festlegung der höchstzulässigen Dosen (x) für das beruflich strahlenexponierte Personal.Die Verordnungen dienen dem Arbeitsschutz der strahlenexponierten Personen,dem Patientenschutz und dem Umweltschutz (11).
(x) Der Begriff der "höchstzulässigen Dosis" der Ersten Strahlenschutzverordnung und der Röntgenverordnung ist durch den Terminus des Dosisgrenzwertes in der jetzt gültigen Verordnung vom 13.Oktober 1976 ersetzt worden.Der Gesetzgeber will mit der Bezeichnung "Dosisgrenzwert" deutlich machen,daß eine sogenannte Toleranzdosis,also eine gesundheitlich unschädliche Strahlendosis generell nicht existiert.Schutzziel der Verordnung muß es sein,stets,soweit technisch möglich und aufwandsmäßig vertretbar entsprechend den Empfehlungen von ICRP unter den Dosisgrenzwerten zu bleiben. Die durch die Röntgenverordnung vom 1.März 1973 und die Strahlenschutzverordnung vom 13.Oktober vorgeschriebenen maximal zugelassene Dosen und Dosisgrenzwerte sind in folgender Tabelle zusammengefaßt:

KÖRPERBEREICH	BERUFLICH STRAHLEN-EXPONIERTE PERSONEN	NICHT BERUFLICH STRAHLENEXP.PERS.
Ganzkörper (Rumpf)	50 mJ/kg 5 rem	x 1. 1,5 rem xx 2. 0,5 rem xxx 3. 0,5 rem
Teilkörper (Hand)	600 mJ/kg 60 rem	

Tab. 1
Grenzwerte der Körperdosen für beruflich und nicht beruflich strahlenexponierte Personen

x Bei einer Person, die sich aufgrund ihrer Tätigkeit gelegentlich in Kontrollbereichen aufhält, ohne mit der Anwendung von Röntgenstrahlen oder mit dem Betrieb eines genehmigungsbedürftigen Störstrahlers befaßt zu sein, darf die auf ein Jahr verteilte aufgenommene Äquivalentdosis höchstens 15 mJ/kg (1,5 rem) betragen.
xx Bei einer Person, die sich zu Ausbildungszwecken in Kontrollbereichen aufhält, ohne darin tätig zu sein, darf die auf ein Jahr verteilte aufgenommene Äquivalentdosis vor Vollendung des 18. Lebensjahres höchstens 5 mJ/kg (0,5 rem), danach höchstens 15 mJ/kg (1,5 rem) betragen.
xxx Bei einer Person, die sich in Überwachungsbereichen aufhält, darf die auf ein Jahr verteilte aufgenommene Äquivalentdosis höchstens 5 mJ/kg (0,5 rem) betragen.

4. Die Personendosisüberwachung in der zahnärztlichen Röntgenolgie

In der Literatur wird von personendosimetrischen Messungen mit Ionisationskammern, Dosimeterfilmen und Thermolumineszenzdosimetern bei Zahnärzten, Assistenten, Medizinisch Technischen Assistenten und Helferinnen berichtet. Durchweg stammen die Meßergebnisse von einigen wenigen Arbeitsplätzen, betreffen kleine Gruppen von Probanden und geben deshalb keine wertbare statistische Aussage.
OSBORN (24) fand eine mittlere beruflich bedingte Strahlenexposition bei Zahnärzten von 30 mrem/Woche und für Medizinisch Technische Assistenten von 60 mrem/Woche.
SINCLAIR (36) kontrollierte Radiologen und Medizinisch Technische Assistenten der Röntgenabteilung der zahnärztlichen Fakultät der Universität Texas mit Filmdosimetern. Die mittlere Personendosis bei den Mitarbeitern dieser Abteilung betrug 15 mrem/Woche.
KIRSCH (19) benutzte eine ansteckbare Kondensatorkleinkammer, um die Dosen am Rumpf und an der unteren Tasche bei einer Röntgenassistentin zu messen. Für die Überwachungszeit einer Woche wurde ermittelt:

an der oberen Brusttasche: 60 mrem/Woche
an der unteren Tasche: 50 mrem/Woche

REGULLA und WACHSMANN (31) zeigen bei einer relevanten Kontrolle von etwa 400 Praxen im Jahre 1967/68 über einen Zeitraum von 6 Monaten die Personen-und Teilkörperdosen bei Zahnärzten und Assistenten (Helferinnen).Meßtechnisch wurde die Überwachung mit Personen-und Ringdosimetern durchgeführt,die beide mit Dosismeßfilmen ausgestattet waren.Die Auswertung der Personendosimeter ergab bei 80% der Überwachten keine meßbare berufliche Strahlenexposition. 1% der Überwachten erreichte allerdings die maximal zugelassene Dosis von 5 rem und mehr. Die Studie ergab jedoch,daß bei 80% des überwachten Personenkreises eine Strahlenexposition der Hände stattgefunden hat: Mehr als 30% erreichte mit 6 rem 1/10 der jährlich maximal zulässigen Dosis,3% überschritten den Dosisgrenzwert von 60 rem/a. Die Strahlenexposition des Hilfspersonals erwies sich als geringer als bei den Zahnärzten.

Diese Ergebnisse sind bemerkenswert in Relation zu einer ähnlichen Erhebung für medizinische Radiologen (BÄUML et al.(5)), die zwar höhere Prozentzahlen im Bereich kleiner Dosen,aber vergleichsweise erheblich geringere Prozentzahlen im Bereich der erhöhten Personendosen aufweisen.So erhalten über 50% der überwachten Radiologen eine beruflich bedingte Strahlenexposition. 4% erhalten Dosen von über 500 mrem/a,aber bei nur 0,5% wurden Dosen von 5 rem oder mehr nachgewiesen.

WACHSMANN (54) berichtet,daß der Prozentsatz derjenigen Überwachten,die eine höhere Dosis erhielten als im Monatsdurchschnitt zugelassen,also mehr als 400 mrem,1952 noch über 20% betrug.1975 sanken diese Überschreitungen nach Berichten der Auswertungsstelle für Strahlendosimeter der Gesellschaft für Strahlen-und Umweltforschung in Neuherberg bei München auf 0,2 bis 0,3%.

WACHSMANN sieht in diesen befriedigenden Ergebnissen eine erzieherische Wirkung der laufenden Personendosisüberwachung (54). Statistische Auswertungen der Ergebnisse der Personenüberwachung lassen erkennen,daß ältere Personen in der Regel höhere Dosen

erhalten als jüngere und, daß die Zahl der Dosisüberschreitungen mit dem Grad der Ausbildung abnimmt. WACHSMANN wie alle anderen Autoren, die sich mit der Strahlenexposition des Zahnarztes befaßt haben, sehen bei strahlenschutztechnisch richtigem Verhalten keine Gefahr beim Umgang mit ionisierender Strahlung.
In der ständigen Kontrolle der Personendosis sieht er das wichtigste Hilfsmittel, Strahlenschäden zu vermeiden.

III. METHODE UND MATERIAL

Als Grunglage für die Kontrolle der Strahlenexposition des Zahnarztes und seines Hilfspersonals diente ein von uns durchgeführtes Programm mit dem Ziel der Erfassung von Personen-und Extremitätendosen in 152 zahnärztlichen Praxen.Danach wurden Personen-beziehungsweise Teilkörperdosismessungen mit Film-beziehungsweise TLD-Ringdosimetern durchgeführt.
Die Auswertung der Dosimeterergebnisse erfolgte in der Auswertungsstelle für Strahlendosimeter der Gesellschaft für Strahlen-und Umweltschutz GmbH,Neuherberg bei München.
Als Strahlendetektoren dienten Agfa-Gevaert-Filmdosimeter für die Ermittlung der Personendosis und Lithiumfluorid-(LiF)-Radiothermolumineszenzdosimeter zur Messung der Teilkörperdosis am Finger.Die Filmdosimeter wurden nach dem filteranalytischen Meßverfahren ausgewertet.

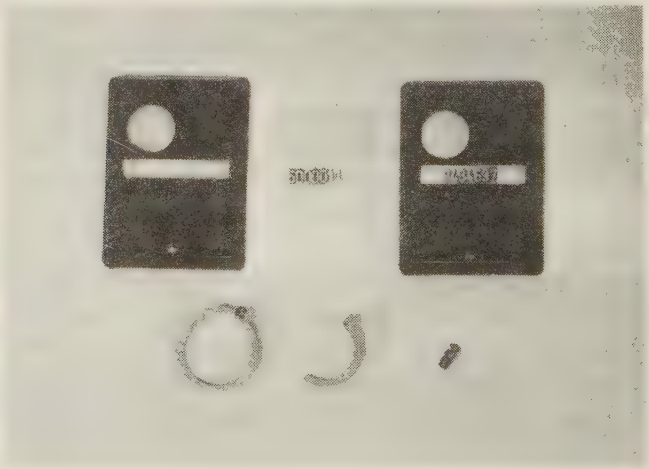

Abb.2
Filmplaketten mit Filmdosimetern für die Ermittlung der Personendosen und Ringdosimeter mit LiF-Meßsonde zur Messung der Teilkörperdosis am Finger

Bei diesem Verfahren wird die zur Verfügung stehende Filmfläche von 3 x 4 cm mit Filtern verschiedener Stärke belegt.Diese Filter bestanden bei den verwendeten Filmplaketten aus Kupfer und besaßen eine Stärke von 0,05; 0,3 und 1,2 mm.
Sie waren paarweise angebracht,sodaß sich die einzelnen Felder des Dosimeterfilms zwischen je zwei Filtern der genannten Stärke befanden.Außerdem war ein aus 0,8 mm starkem Blei bestehendes gegeneinander verschobenes Filterpapier vorhanden,das zur Erkennung der Strahlenrichtung versetzt angebracht war.
Je nach der Härte und damit der Durchdringungsfähigkeit der Strahlung,die auf das Dosimeter fiel,erzeugen die Filter unterschiedliche Schwärzungsmuster auf dem Film. Aus den Schwärzungen hinter den Filtern ließ sich dann aus einem empirisch ermittelten Diagramm die Energie der Strahlung bestimmen und die Dosis unabhängig von der Energieabhängigkeit der Filme ermitteln.

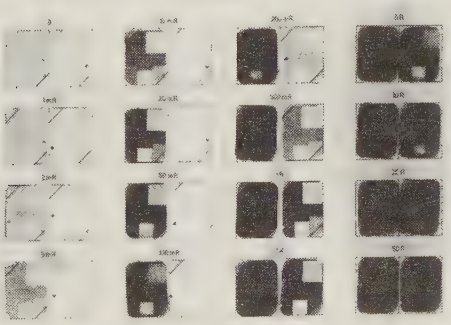

Abb.3
Schwärzungsmusterunterschiede durch die die Dosis empirisch ermittelt werden kann

In Deutschland wird ähnlich wie in anderen Ländern eine aus zwei Filmen bestehende Kombination benutzt.Diese enthält einen hochempfindlichen Film zur Messung kleiner Dosen und einen wenig empfindlichen Film zur Messung hoher Dosen.
Mit dieser Filmkombination ist es möglich,Röntgenstrahlendosen von etwa 1mrem bis etwa 100 rem beziehungsweise nach Abkratzen einer Emulsionsschicht des doppelt begossenen wenig empfindlichen Films bis etwa 500 rem zu messen.
Die Entwicklung und photometrische Auswertung der Filme wurde an Hand von Eichtreppen an der Auswertungsstelle für Strahlendosimeter der Gesellschaft für Strahlen-und Umweltforschung vorgenommen.
Der Zeitverlust zwischen dem Tragen der Dosimeter und deren Übersendung und Auswertung bedingte kaum Fehler hinsichtlich der Auswertungsergebnisse.Die Entwicklung der Filme fand in der Regel innerhalb eines Zeitraumes von 7 Tagen nach Dosimetereingang statt,innerhalb dessen nach dem Stand der bei der Auswertungsstelle Neuherberg praktizierten Filmdosimetrie ein Latenzbildschwund ausgeschlossen werden kann.

Die Teilkörperdosisbestimmungen erfolgten auf der Grundlage der Radiothermolumineszenzdosimetrie,einer Methode unter Verwendung von Lithiumfluorid-(LiF)-Detektoren.Die Radiothermolumineszenzdosimetrie beruht auf dem Phänomen der strahleninduzierten und thermisch stimulierbaren Lumineszenzfähigkeit bestimmter anorganischer Festkörper.Sie erschien wegen des geringen Volumens der RTL-Meßsonden,ihrer hohen Strahlenempfindlichkeit und der erzielbaren Meßgenauigkeit für unsere Untersuchungen als besonders geeignet.
Die Auswertung der RTL-Meßsonden erfolgte in einem auf optimale Empfindlichkeit und Meßgenauigkeit geprüften Gerät,dem Thermolumineszenz-Meßplatz vom Typ Harshaw TL Analyzer Modell 2000,bestehend aus der eigentlichen Auswertapparatur und einem automatisch integrierenden Pikoamperemeter als Registriereinheit

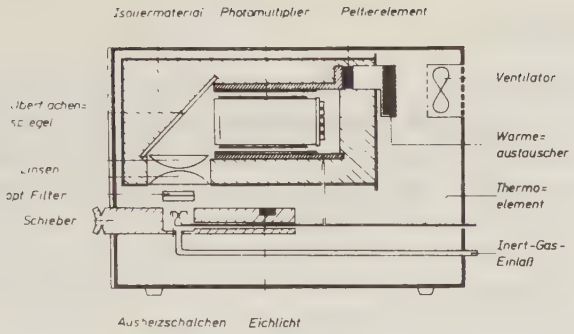

Abb.4
Schematischer Aufbau der Ausheitzapparatur(Harshaw TL-Analyzer 2000 A)

Bei der Auswertung werden die LiF-Meßsonden in der Platin-Heizschale der Auswertungsapparatur unter Schutzgas bis 260° C erhitzt.Das dabei ausgesandte,in der Intensität zur Bestrahlungsdosis proportionale Lumineszenzlicht wird durch einen Sekundärelektronenvervielfacher erfaßt und in ein Stromsignal umgewandelt,das dem Pikoamperemeter zur Messung zugeführt wird.Vor jeder Wiederverwendung wurden die Meßsonden bei monatlicher Überwachung einer Schnellregenerierung unterworfen,die eine Reproduzierbarkeit ihrer Strahlenempfindlichkeit innerhalb 10% zuläßt.
Die Kalibrierung der Meßsonden erfolgte mit Röntgen-Normalstrahlung.Für die Messungen wurden Kunststoffringe mit zwei LiF-Meßsonden der Abmessung 6mm x 1mm Durchmesser benutzt. Deren untere Nachweisgrenze liegt bei etwa 10 mrem.Die Strahlenempfindlichkeit ist im Energiebereich der hier untersuchten Röntgenstrahlung innerhalb von 10% unabhängig von der Strahlenenergie.
Die Personendosis wurde links am Oberkörper ermittelt,die Teilkörperdosis in der Regel am Ringfinger.

IV. ERGEBNISSE

Von 400 Zahnärzten, die im Jahre 1967/68 an einer ähnlichen Untersuchung teilgenommen hatten, konnten 196 für die vorliegende Überwachung gewonnen werden. Von diesen wiederum konnten bei 152 am Ende der Aktion auswertbare Ergebnisse registriert werden.
Für die Teilkörperdosisüberwachung waren es letztlich 52 von ursprünglich 100 Zahnärzten, die sich während der gesamten Überwachungszeit zur Verfügung stellten.

Zusammengefaßt nahmen an der Personendosisüberwachung 37,5% der während der Jahre 1967/68 überwachten Zahnärztegruppe und an der Teilkörperdosisüberwachung 52% der angeschriebenen Zahnärzte teil.

Auf Seiten des zahnärztlichen Personals standen am Ende der Überwachungszeit die Ergebnisse von 207 der 296 angesprochenen Helferinnen zur Ermittlung der Personendosis zur Verfügung.
Teilkörperdosismessungen wurden bei Zahnarzthelferinnen nicht durchgeführt.

Die durch die Überwachung erzielten Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen und Diagrammen dargestellt. Die Überwachungsperiode betrug 4 Monate in der Zeit von April bis Juli 1976. Die ermittelten Werte wurden auf Jahresdosen extrapoliert. Von einer Berücksichtigung der Urlaubszeit der Zahnärzte und der Helferinnen wurde abgesehen.

Die Ergebnisse der Personendosismessungen bei den Zahnärzten zeigen, daß bei 54,6% der Überwachten keine meßbare berufliche Strahlenexposition festgestellt werden konnte. 85,5% erhielten Dosen, die kleiner als 1/100 der gesetzlich zulässigen waren. 98% lagen unter 480 mrem/a, d.h. unter 1/10 des Jahresdosisgrenzwertes.

Personendosis bei 152 überwachten Zahnärzten (*)

Zahl der Zahnärzte	% der Zahnärzte	Dosis (in mrem/a)
83	54,6 %	0
18	11,8 %	1 - 10
13	8,6 %	10 - 20
11	7,2 %	20 - 30
5	3,3 %	30 - 40
1	0,7 %	40 - 50
5	3,3 %	50 - 60
2	1,3 %	60 - 70
2	1,3 %	70 - 80
1	0,7 %	80 - 90
3	2,0 %	90 - 100
1	0,7 %	165
1	0,7 %	189
1	0,7 %	225
1	0,7 %	231
1	0,7 %	378
1	0,7 %	648
1	0,7 %	660
1	0,7 %	1896

Tab.2
Prozentuale Verteilung der Personendosis bei 152 überwachten Zahnärzten (*) Die Überwachungsperiode betraf 4 Monate, die Ergebnisse wurden durch Multiplikation auf ein Jahr extrapoliert.)

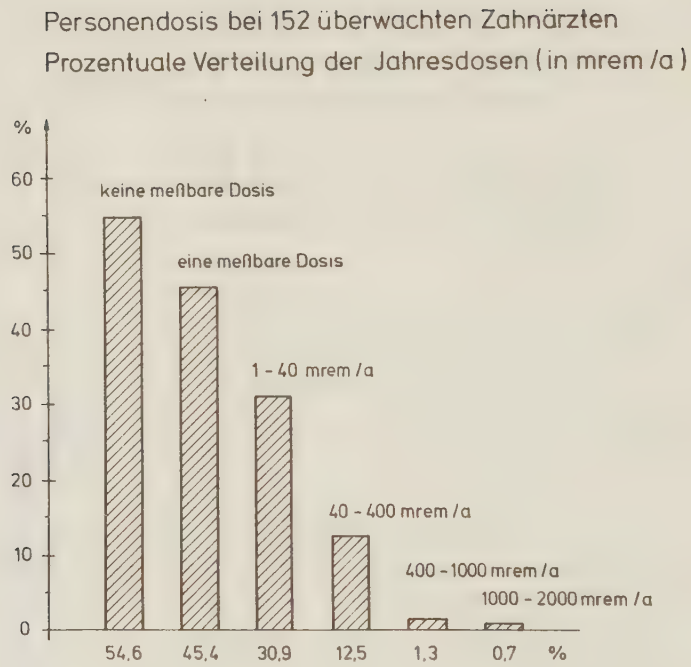

Abb.5 (zu Tab.2)
Säulendiagramm-Darstellung der prozentualen Verteilung der Personendosis bei 152 überwachten Zahnärzten

1,3% der Überwachten erreichten Dosiswerte,die zwischen 1/10 und 1/5 der maximal zulässigen Dosis lagen.
Nur ein Teilnehmer der Überwachungsuntersuchung erreichte mit 1896 mrem/a annähernd 2/5 des festgelegten Grenzdosiswertes von 5 rem/a.Bei keinem Zahnarzt konnte eine Überschreitung dieses Grenzwertes festgestellt werden.

Die Ergebnisse der Personendosismessungen bei den Zahnarzthelferinnen zeigen eine geringere Strahlenexposition als bei Zahnärzten.
65,2% von ihnen erhielten keine meßbare Dosis.94,2% der Überwachten lagen unter 1/100 des für beruflich Strahlenexponierte festgelegten Grenzwertes.
Bei 99% der Helferinnen konnten Werte unter 1/10 der höchstzulässigen Dosis gemessen werden.
Bei nur 1% der Überwachten wurden Dosen über 400 mrem/a, jedoch unter 600 mrem/a festgestellt.
Überschreitungen des Grenzwertes von 5 rem/a wurden nicht beobachtet.

Die Ergebnisse der Teilkörperdosisüberwachung bei den 52 Zahnärzten ergaben,daß bei 19,2% der Überwachten keine meßbare Dosis festgestellt werden konnte.48% erhielten Dosen von weniger als 100 mrem/a,94% von weniger als 600 mrem/a,d.h.die Dosen lagen unter 1/100 der maximal zulässigen Teilkörperdosis für die Hand.
5,7% erhielten 1/50 des Jahresdosisgrenzwertes,3,8% eine Dosis von über 1/3 der maximal zulässigen Werte und ein Teilnehmer überschritt mit 128 rem den jährlichen Teilkörperdosisgrenzwert von 60 rem erheblich.

Vergleiche bezüglich des Verhaltens des Zahnarztes und seiner Helferin beim Auslösen der Röntgenaufnahme ergaben, daß keine direkten Beziehungen hinsichtlich der erhaltenen Dosen sichtbar wurden.

Personendosis bei 207 überwachten Helferinnen (*)

Zahl der Helferinnen	% der Zahnärzte	Dosis (in mrem/a)
135	65,2%	-
16	7,7%	0 - 10
26	12,6%	10 - 20
14	6,8%	20 - 30
4	1,9%	30 - 40
1	0,5%	50 - 60
1	0,5%	60 - 70
2	1,0%	70 - 80
1	0,5%	90 - 100
1	0,5%	129
1	0,5%	144
1	0,5%	162
1	0,5%	282
1	0,5%	369
1	0,5%	468
1	0,5%	582

Tab.3
Prozentuale Verteilung der Personendosis bei 207 überwachten Zahnarzthelferinnen ((*) die Überwachungsperiode betraf 4 Monate, die Ergebnisse wurden durch Multiplikation auf ein Jahr extrapoliert.)

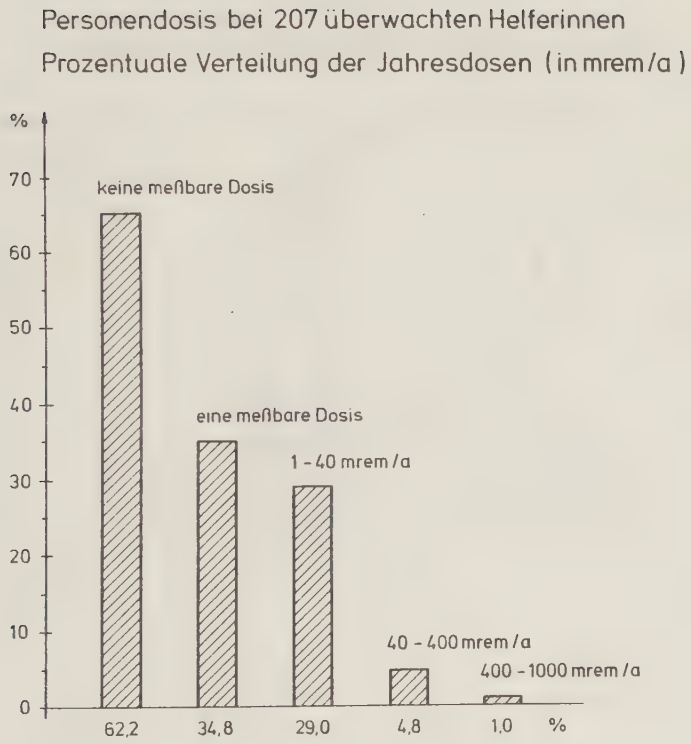

Abb.6 (zu Tab.3)
Säulendiagramm-Darstellung der prozentualen Verteilung der Personendosis bei 207 überwachten Zahnarzthelferinnen

Teilkörperdosis bei 52 überwachten Zahnärzten (*)

Zahl der Zahnärzte	% der Zahnärzte	Dosis (in mrem / a)
10	19,2 %	keine meßbare Dosis
25	48,0 %	000 bis 100
8	15,4 %	100 " 200
2	3,8 %	200 " 300
1	1,9 %	300 " 400
2	3,8 %	400 " 500
1	1,9 %	500 " 600
1	1,9 %	1.300 " 1.400
1	1,9 %	21.000 " 21.500
1	1,9 %	128.100

Tab.4
Prozentuale Verteilung der Teilkörperdosis bei 52 überwachten Zahnärzten ((*) Die Überwachungsperiode betraf 4 Monate, die Ergebnisse wurden durch Multiplikation auf ein Jahr extrapoliert.)

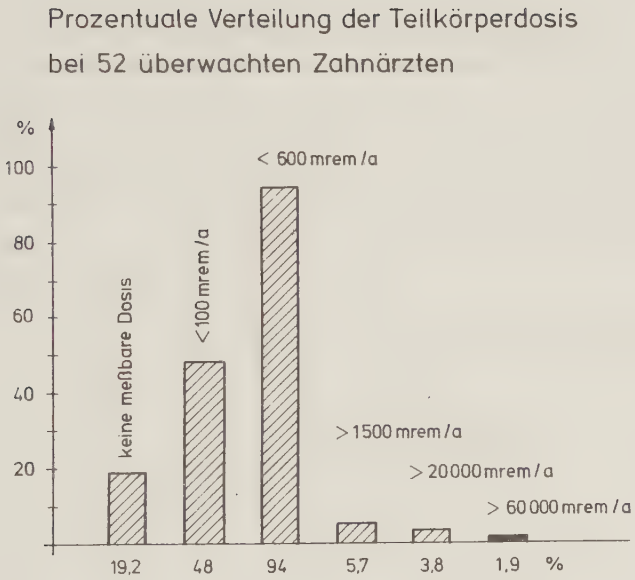

Abb.7 (zu Tab.4)
Säulendiagramm-Darstellung der prozentualen Verteilung der Teilkörperdosis bei 52 überwachten Zahnärzten

V. KRITISCHE AUSWERTUNG

Bei früheren Veröffentlichungen über die Strahlenexposition in zahnärztlichen Einrichtungen handelt es sich um Berichte über Strahlenverbrennungen und Spätschäden als Folge einer excessiven Strahlenbelastung bei der Ausübung der zahnärztlichen Röntgenologie (9, 11, 14, 18, 21, 22, 24, 52, 57, 58).
Maßnahmen für den Strahlenschutz des Operateurs sind seit W.C.RÖNTGEN bekannt. Wenn es in der Folgezeit zu schweren Unfällen kam, lag dies nicht in der Unkenntnis der Natur der Röntgenstrahlen, sondern in der Unterbewertung der biologischen Gefahr, die von ihnen ausgeht.
Die Technik schaltet heute ein Höchstmaß an Gefahrenquellen aus, trotzdem wird immer ein wesentlicher Teil der Sicherung gegen die Gefährdung durch Strahlen der Initiative des damit Beschäftigten selbst überlassen bleiben.
Als Betreiber einer Röntgeneinrichtung muß der Zahnarzt wissen, daß eine Strahlengefährdung für sich und sein Personal aus folgenden Komplexen stammen kann.

1. Aus der physikalisch technischen Gegebenheit des Röntgenapparates
2. Aus dem Aufbau und der Einrichtung des Betriebes
3. Aus der Handhabung der Röntgengeräte und dem gesamten Verhalten der Beschäftigten

Maßnahmen gegen den 1. und 2. Gefahrenkomplex bilden der sog. Technische Strahlenschutz. Der Inhalt der Normenschriften 6811 - 6813 des Deutschen Normenausschusses in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft regeln diesen Teil des Strahlenschutzes. Diese gesetzlichen Bestimmungen interessieren vor allem die Hersteller und Einrichter von Röntgenanlagen.
Maßnahmen gegen den 3. Gefahrenkomplex sind in Anlehnung an die Internationale Strahlenschutzkommission, in der Röntgen-

verordnung (RöV) vom 1.3.1973 festgelegt.
Als Strahlenschutzverantwortlicher ist der Zahnarzt durch die Röntgenverordnung gesetzlich verpflichtet,allgemeine Schutzmaßnahmen zu treffen.
§ 12 RöV . "Die für den Schutz Verantwortlichen haben zum Schutz vor Strahlenschäden an Leben,Gesundheit und Sachgütern durch geeignete Schutzmaßnahmen,insbesondere durch Bereitstellen geeigneter Räume,Schutzvorrichtungen,Geräte und Schutzausrüstungen für Personen,sowie durch geeignete Regelung des Betriebsablaufes und Bereitstellung ausreichenden und geeigneten Personals dafür zu sorgen,daß beim Betrieb der Röntgeneinrichtung oder des genehmigungsbedürftigen Störstrahlers:
1. die Schutzvorschriften der §§ 13 bis 15, 39 bis 41 eingehalten werden und
2. die Strahlenbelastung von Personen oder der Allgemeinheit auch unterhalb der in den §§ 32 bis 34 bezeichneten Werte so gering wie möglich gehalten wird."

Zur Überprüfung eines strahlenbewußten Verhaltens beim Betrieb einer Röntgeneinrichtung werden seit 1952 in der Bundesrepublik Deutschland Personendosisüberwachungen bei Strahlenbeschäftigten durchgeführt.Durchweg stammen die ersten Untersuchungen der Strahlenexposition in der zahnärztlichen Röntgenologie von einigen wenigen Arbeitsplätzen und betreffen eine kleine Zahl von in Universitätskliniken Beschäftigten.Die Überwachungsperioden beschränken sich auf höchstens eine Woche.Ein Vergleich mit diesen Werten ist deshalb nicht möglich.Repräsentativ sind sie für die Strahlenbelastung in klinischen Betrieben vor dem Jahre 1964.
KIRSCH (19) ermittelte 1960 mittels einer Kondensatorkleinkammer bei einer Röntgenassistentin 60 mrem/Woche am Oberkörper.
OSBORN (24) fand 1950 eine mittlere beruflich bedingte Strahlenexposition bei Zahnärzten von 30 mrem/Woche.
SINCLAIR (36) konnte 1958 bei Mitarbeitern der zahnärztlichen Röntgenabteilung der Universität Texas als Mittelwert eine Dosis von 15 mrem/Woche feststellen.

Vergleichbare Untersuchungen machten HUDSON (16), sowie REGULLA und WACHSMANN (31).HUDSON (16) stellte 1975 bei der Überwachung von 500 Zahnärzten im öffentlichen Dienst fest,daß 8,4% der Überwachten Dosen von 5 mrem/a und mehr erhielten,4,3% die maximal zulässigen Dosen überschritten.Er führte dies auf eine Distanz von weniger als einem Meter zum Patienten oder dem Tubus während der Anfertigung der Röntgenaufnahme zurück.

Die bis jetzt ausführlichste statistische Auswertung filmdosimetrischer Ergebnisse stammt von REGULLA und WACHSMANN (31) von 1968/69.

Die ihr zugrunde liegende Untersuchung stellt die erste Personen- und Teilkörperdosisüberwachung von Zahnärzten und Helferinnen im zahnärztlichen Praxisbereich dar. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich über sechs Monate bei vierwöchiger Überwachungsperiode.Meßtechnisch wurde die Überwachung mit den in der Bundesrepublik Deutschland üblichen Personen-und Ringdosimetern durchgeführt,die beide mit Dosismeßfilmen ausgestattet waren.Die Auswertung erfolgte nach dem filteranalytischen Verfahren. REGULLA und WACHSMANN konnten mit unter 40 mrem/Monat bei 85% der 380 überwachten Zahnärzte keine Strahlenexposition am Rumpf feststellen.5% erhielten 1/10 der maximal zulässigen Dosis,1% erreichten bei dieser Überwachung eine Jahresdosis von 5 rem.

Während die Ergebnisse von REGULLA und WACHSMANN die Personendosis der Zahnärzte betreffend prozentual höher als bei Röntgenfachärzten lagen,konnte in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden,daß von den 152 überwachten Zahnärzten keiner den festgesetzten Dosisgrenzwert erreichte oder überschritt.Bei 54% war keine meßbare Dosis zu ermitteln, 85,5% lagen unter 1/100 der maximal zugelassenen Dosis, 98% 1/10 darunter.1,3% zeigten Dosiswerte 1/10 bis 1/5 der maximal zulässigen und nur ein Teilnehmer erreichte mit 1896 mrem/a knapp 2/5 des Dosisgrenzwertes.

Der Vergleich dieser Ergebnisse mit denen der Überwachungs-

periode 1968/69 zeigt eine Verbesserung der Strahlenhygiene in den zahnärztlichen Praxen.Da die Teilnehmer an der Überwachung 1968/69 großenteils die gleichen wie in der vorliegenden Untersuchung waren,kann gefolgert werden,daß diese Zahnärzte heute beim Betreiben eines Röntgengerätes strahlenbewußter sind.Weiter konnte festgestellt werden,daß jener Zahnazt,der bei der Untersuchung 1968/69 die höchste Jahresdosis erreichte auch diesmal mit 1896 mrem/a die höchste Dosis erhielt.
Die niedrigeren Dosiswerte dieser Untersuchung erklären sich durch den Einfluß der Strahlenschutzgesetzgebung und den erzieherischen Einfluß von Röntgenkursen sowie Strahlenschutzüberwachungen.Nicht unbedeutend erscheint auch die Wirkung der zunehmend verbreiteten Strahlenfurcht.
REGULLA und WACHSMANN (31) stellten 1968/69 fest,daß die Strahlenexposition der Helferinnen erheblich geringer war nannten aber keine detailierten Werte.Die vorliegenden Ergebnisse zeigen daß 65,2% der 207 überwachten Helferinnen keine Strahlenexposition aufwiesen,94,2% weniger als 1/100 und 99% weniger als 1/10 der zulässigen Grenzdosis erhielten.
Vergleicht man die Ergebnisse der Teilkörperdosisüberwachung mit den von REGULLA und WACHSMANN (31) ermittelten Werten,kann ebenfalls eine Verbesserung des zahnärztlichen Verhaltens beim Auslösen einer Röntgenaufnahme festgestellt werden.Während 1968/69 noch 30% der Überwachten 1/10 der Grenzdosis überschritten,waren es bei dieser Untersuchung nur 3,8%.REGULLA und WACHSMANN berichten von 0,5% Überschreitungen des Jahresgrenzwertes,in der vorliegenden Untersuchung überschritt nur ein Teilnehmer den gesetzlich festgelegten Richtwert für Teilkörperdosen.
Die vielkritisierte Unsitte des Selbsthaltens des Films im Munde des Patienten kann inzwischen als außergewöhnliche Ausnahme angesehen werden.
Derjenige Teilnehmer,der mit 128 rem/a eine bemerkenswerte Dosisüberschreitung aufwies,zeigt deutlich,in welch hohem Maße der Strahlenschutz des Zahnarztes von persön-

licher Einstellung und vorsichtigem Verhalten abhängt. Wiederholte Warnungen mißachtete der Zahnarzt und verbesserte seine Arbeitsweise nicht.
Insgesamt kann die erfreuliche Reduzierung der Teilkörperdosen bei den überwachten Zahnärzten als ein Erfolg der Strahlenschutzgesetzgebung und der damit verbundenen Information der Zahnärzte über Strahlenrisiken und richtiges Verhalten bei der Röntgentechnik angesehen werden.

In § 15,Abs.1,2 und 5 der Röntgenverordnung (RöV) vom 1.3.1973 (53) sind vom Bundesminister für Jugend,Familie und Gesundheit die höchstzulässigen Dosen,bei denen ausreichende Sicherheit gewährleistet ist,festgelegt worden.
Der Kontrollbereich ist " der Bereich,in dem Personen eine höhere Äquivalentdosis als ...1,5 rem im Jahr erhalten können.Dieser Bereich muß während der Einschaltzeit gekennzeichnet sein ".
Der Überwachungsbereich ist " der an einem Kontrollbereich angrenzende Bereich,in dem Personen eine höhere Äquivalentdosis als 0,15 rem im Jahr erhalten können ".
Zahnärzte und die in § 20,Abs.1,Nr.4 (RöV) bezeichneten Personen dürfen sich zwar nach § 18,Abs.1,Nr.1 und 3 (RöV) im Kontrollbereich aufhalten,"soweit das zur Durchführung der Röntgenuntersuchung erforderlich ist",eine solche Notwendigkeit kann für den Bereich der zahnärztlichen Röntenologie jedoch weitgehend ausgeschlossen werden.
Zahnärzte und deren Hilfspersonal sind also nicht nach § 2 Abs.1 (RöV) "im Sinne dieser Verordnung beruflich strahlenexponierte Personen",da sie sich nicht "aufgrund ihrer Tätigkeit gewöhnlich in einem Kontrollbereich aufhalten".
Zahnärzte und deren Hilfspersonal zählen vielmehr zu der in § 34,Abs.4 (RöV) näher definierten Personengruppe,"die sich nicht in Überwachungsbereichen aufhält",und deren "auf ein Jahr verteilte aufgenommene Äquivalentdosis höchstens 0,5 rem betragen darf".

Damit ergibt sich,daß 2% der Zahnärzte und 1% der Helferinnen bei der durchgeführten Überwachungsuntersuchung diese höchstzulässige Dosis für Personen,die sich im Überwachungsbereich aufhalten,überschreiten. Dies deutet auf eine unkorrekte Strahlenhygiene oder auf einen Aufenthalt im Kontrollbereich hin.
Die niedrigen Prozentzahlen bezüglich des Überschreitens der 0,5 rem/a Dosis zeigen,daß in über 98% Zahnarzt und Helferinnen die Bestimmungen des Strahlenschutzes beachten und befolgen.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Von April bis einschließlich Juli 1976 wurden in 152 zahnärztlichen Praxen bei Zahnärzten und deren Helferinnen Strahlendosismessungen durchgeführt.
Bei den Zahnärzten wurden sowohl die Personen-als auch die Teilkörperdosen,bei den Helferinnen nur die Personendosis ermittelt.
Die Personen-und Teilkörperdosismessungen wurden mit Film- und Thermolumineszenzringdosimetern durchgeführt.

Die Ergebnisse der Personendosismessungen bei den Zahnärzten zeigten,daß bei 55% keine meßbare berufliche Strahlenexposition festgestellt werden konnte und bei 85% die erhaltenen Dosen kleiner als 1/100 der gesetzlich zulässigen Dosis waren. Bei insgesamt 98% lag die Dosis unter 480 mrem/a,daß heißt unter 1/10 des Jahresgrenzwertes für beruflich strahlenexponierte Personen.
Nur 1,3% der Überwachten zeigten Dosiswerte die zwischen 1/10 und 1/5 der maximal zulässigen Dosis lagen und nur ein Teilnehmer der Untersuchung erreichte mit 1896 mrem/a 2/5 der festgesetzten höchstzulässigen Jahresdosis von 5 rem/a.
Bei keinem der überwachten Zahnärzte konnte eine Überschreitung festgestellt werden.
Die Personendosismessungen der 207 überwachten Helferinnen ergaben,daß 65% der Teinehmerinnen keine meßbare Strahlenexposition erhielten.94% der Überwachten lagen unter 1/100, 99% unter 1/10 des für beruflich strahlenexponierte Personen festgelegten Dosisgrenzwertes.
In 1% der Fälle wurde eine Dosis zwischen 400 und 600 mrem/a festgestellt,Überschreitungen des Grenzwertes von 5 rem/a wurden nicht beobachtet.
Die Teilkörperdosisermittlung bei den Zahärzten ergab,daß bei 19% der 52 Überwachten keine meßbare Dosis festgestellt werden konnte.48% erhielten Dosen von unter 100 mrem/a,insgesamt 94% lagen mit unter 600 mrem/a unter 1/100 der ma-

ximal für die Hand zugelassenen Teilkörperdosis.6% erreichten 1/50 des Jahresdosisgrenzwertes,4% eine Dosis von über 1/3 der maximal zulässigen und 1 Teilnehmen überschritt mit 128 rem den jährlichen Teilkörperdosisgrenzwert von 60 rem.

Im Vergleich zu ähnlichen früheren Überwachungen aus den Jahren 1968/69 zeigen die durchgeführten Messungen des beruflichen Strahlenschutzes in der zahnärztlichen Praxis,daß eine Notwendigkeit des Aufenthaltes im Kontrollbereich zur Durchführung einer Röntgenuntersuchung für den Bereich der zahnärztlichen Röntgenologie nicht besteht.Zahnärzte und deren Helferinnen zählen vielmehr zu der Personengruppe,die sich in Überwachungsbereichen nicht aufzuhalten haben und deren auf ein Jahr verteilte Dosis maximal 0,5 rem betragen darf.
98% der überwachten Zahnärzte und 99% der Helferinnen erhielten eine Personendosis von weniger als 0,5 rem/a.
Überschreitungen dieses Grenzwertes sind bei einem strahlungsbewußten Verhalten in der zahnärztlichen Röntgenologie nicht notwendig.Ihr Auftreten kann als Zeichen des Fehlverhaltens gewertet werden.
Die Ergebnisse dieser Untersuchung ermöglichen es dem Zahnarzt und seinem Hilfspersonal,den heutigen Stand des Strahlenschutzes in der zahnärztlichen Praxis festzustellen.Aus den Meßwerten ergibt sich,daß bei Beachtung der Strahlenschutzvorschriften weder für den Zahnarzt noch für die Helferinnen bei der Ausübung der zahnärztlichen Röntgenologie eine Gefährdung besteht.Trotzdem kann die Benutzung eines Personendosimeters in der zahnärztlichen Praxis aus Kontrollzwecken empfehlenswert erscheinen,insbesondere bei Helferinnen im gebärfähigen Alter zur Abwehr eventueller Schadensersatzansprüche im Falle von Mißbildungen der Leibesfrucht,die häufig aus dem natürlichen Kausalbedürfnis heraus mit der Röntgentätigkeit in Verbindung gebracht werden.

Schrifttum

1. Amtsblatt des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, Nr.7/8 vom 07.08.1974, S.74 ff. — "Vollzug der Röntgenverordnung" Bekanntmachung vom 17. Juli 1974 Nr. 6322 c-VII/2-19118

2. BECKER, K. — Filmdosimetrie Grundlagen und Methoden der photographischen Verfahren zur Strahlendosismessung Springer Verlag. Berlin - Göttingen - Heidelberg 1962

3. BABOR, E. SONNABEND, E. — Überprüfung zahnärztlicher Röntgenapparate auf Strahlensicherheit nach dem Röpak-Verfahren Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 577-585 (1970)

4. BARR, J.H. — Radiation protection in dentistry for patients, opperators an office personnel J. amer. dent. Ass. 60, 615-625 (1960)

5. BÄUML, A. KURCZ, I. MITTMANN, L. WACHSMANN, F. — Die Strahlenbelastung in der Röntgendiagnostik arbeitenden Personen Röfo, 120 84-85 (1974)

6. CRANDELL, C.E. — Radiation in dental offices J. amer. dent. Ass. 59, 971-975 (1959)

7. DENNIS, J. — The roentgen energy today Dental Cosmos 41, 853-857 (1899)

8. DRESEL, H.
Filmdosimetrie bei Strahlenschutzmessungen
Röfo 84, 214-222 (1956)

9. ENGLISH, J.A.
An analysis of the dangers of X ray irradiation
Dental Radiography and Photography 25, 1-7 (1952)

10. GLENNER, R.A.
80 years of dental radiography
J. amer. dent. Ass. 90. 549-563 (1975)

11. GRASSER, H.H.
ACKERMANN, K.
Strahlenschäden, Risiko und Risikobetrachtungen
Zahnärztl. Prax. 21, 506-509 (1976)

12. GRASSER, H.H.
ACKERMANN, K.
Pflichten des verantwortlichen Betreibers von Röntgengeräten
Zahnärztl. Prax. 14, 311-312 (1976)

13. GRASSER, H.H.
ACKERMANN, K.
Strahlenschutzvorrichtungen, apparativer Strahlenschutz und Strahlenschutzzubehör
Zahnärztl. Prax. 24, 583-589 (1976)

14. GÜNTHER, H.
Über Gefahren und Schäden durch Röntgenstrahlen in der zahnärztlichen Röntgendiagnostik und die Bedeutung von Strahlenschutzmaßnahmen
Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 913-969 (1957)

15. HOFMEISTER, S.F.
Radiation of dentistry-surgical comments
J. amer. dent. Ass. 78, 511-516 (1969)

16. HUDSON, A.P.
Radiological, Protection in Dentistry - The New Service after 1 Years Operation
British Dental Journal 18, 225-228 (1975)

17. ILG, V.K.
Untersuchung über die Röntgenstrahlenbelastung
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 733-742 (1957)

18. KELLER, H.L.
PÖSCHL, M.
Zahnärztliche Röntgenaufnahmen und Streustrahlengefährdung
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 595-600 (1955)

19. KIRSCH, TH.
Strahlengefährdung und Strahlenschutz in der zahnärztlichen Röntgendiagnostik
Dr. Alfred Hüthig Verlag Heidelberg (1960)

20. LEVIN, J.
Accidental dental occupational exposure to ionizing radiation
J. amer. dent. Ass. 65, 331 (1962)

21. LE ROY ENNIS, M.
A resumé of roentgenology
Oral Surg. 15, 680-692 (1962)

22. MÄGLIN, B.
GÜLZOW, H.I.
Über sogenannte Berufskrankheiten des Zahnarztes
Zahnärztl. Mitt. 54, 142-145 (1964)

23. MÜNCH, J.
Röntgenschäden in der Praxis
Zahnärztl. Prax. 19, 61-62
(1968)

24. OSBORN, S.B.
Radiation doses received by
diagnostic X-ray workers
Brit. Journal of Radiology 28,
650 (1950)

25. PARMA, C.
Berufsschäden der Zahnärzte
Z. ges. Hyg. 5, 152 (1959)

26. REGULLA, D.F.
Untersuchung der Lithiumfluorid
Radicthermolumineszenzdosimetrie
auf Eignung zu Dosisvergleichen
bei Versand der Lithiumfluorid-
meßsonden mit der Post (Teledosi-
metrie)
Gesellschaft für Strahlenforschung
Bericht S. 124 März 1970

27. REGULLA, D.F.
Possibilities and Problems of
Modern Dosimetry Techniques in
Dentistry
3 rd. International Congress of
Maxillofacial Radiology April 1974

28. REGULLA, D.F.
Specific Problems of Personnel
Monitoring in Dentistry
Referat 3 rd. International Con-
gress of Maxillofacial Radiology
April 1974

29. REGULLA, D.F.
Personendosisüberwachung mit Fest-
körperdosimeter
Gesellschaft für Strahlenforschung
Bericht 341 Januar 1975

30. REGULLA, D.F.
Thermoluminiszenzdosimetrie
Auszug aus GSF Bericht K 75
Februar 1975

31. REGULLA, D.F.
WACHSMANN, F.
Zur Strahlenexposition des Zahnarztes
Dtsch. zahnärztl. Z. 30, 552-554 (1975)

32. ROLOFSON, J.W.
HAMEL, A.
STEWART, H.
Radiation isoexposure curves about a dental chair during radiography
J. amer. dent. Ass. 78, 310-319 (1969)

33. RICHARDS, A.G.
Secondary radiation and the dentist
J. amer. dent. Ass. 57, 31 (1958)

34. ROB, T.M.
ELLIS, R.E.
The use of small protection films for estimation of the doses received on the fingers and hand during radium manipulation
Brit. J. Radiology 25, 100-102 (1952)

35. SEELENTAG, W.
Die Strahlenbelastung des modernen Menschen
Gesellschaft für Kernforschung.
Institut für Strahlenforschung
Bundesgesundheitsamt Berlin K. 20

36. SINCLAIR, W.K.
X-Radiation and Protection in dental Radiology
Dental Radiography and Photography 31, 66-76 (1958)

37. SONNABEND, E.
Grundlagen und Prinzipien des Strahlenschutzes
Zahnärztl. Prax. 28, 159-162 (1977)

38. SONNABEND, E.
Strahlenschutz des Patienten
Zahnärztl. Prax. 28, 30-32 (1977)

39. SONNABEND, E.
STINGL, H.
Strahlenschutz der Beschäftigten
Zahnärztl. Prax. 28, 134-141 (1977)

40. SONNABEND, E.
Strahlenschutz in der zahnärztlichen Röntgenologie
Quintess. zahnärztl. Lit. 5, 109-115 (1974)

41. SONNABEND, E.
Zur neuen Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen
Zahnärztl. Mitt. 16, 757-763 (1973)

42. SONNABEND, E.
Die Bedeutung der neuen Strahlenschutzverordnung in der zahnärztlichen Praxis
Zahnärztl. Welt 82, 1061-1065 (1973)

43. SONNABEND, E.
Radiation exposure in early dental radiography
j. dento. maxillofacial radiology 2, 123 (1973)

44. SONNABEND, E.
Untersuchung des Röntgenapparates in der Praxis nach dem Röpak-Verfahren
Zahnärztl. Mitt. 59, 591 (1969)

45. SONNABEND, E. Strahlenexposition und Strahlenschutz bei der Röntgendiagnostik in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Zahnärztl. Mitt. 59, 1062 (1969)

46. SONNABEND, E. Strahlenexposition und Strahlenschutz
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 122-138 (1967)

47. SONNABEND, E. Die neue Röntgenverordnung in der zahnärztlichen Praxis
Zahnärztl. Prax. 25, 508-509 (1976)

48. STONE, R.S. The concept of maximum permissible exposure
Radiology 58, 639-661 (1952)

49. TRUBMANN, A. Radiation protection for dental personal
J. amer. dent. Ass. 65, 751 (1962)

50. U.S. Department of Health, Education and Welfare Dental Surpak Summary Report
Publ. Hlth. Rep. (Wash) 68, 11 (1968)

51. VON RECKOW, J.F. Forensische Fragen der zahnärztlichen Röntgenologie
Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 1736-1745 (1955)

52. VON RECKOW, J.F. Meilensteine der zahnärztlichen Röntgenologie
Dtsch. zahnärztl. Z. 14, 1159-1177 (1959)

53. Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen vom 01.03.1973
Bundesverband der Deutschen Zahnärzte
Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr.18 S. 173 ff.

54. WACHSMANN, F.
Die Überwachung der Personendosis
Der Radiologe 4, 359-362 (1964)

55. WACHSMANN, F.
Die Messung der Personendosis
Gesellschaft für Strahlenforschung Neuherberg bei München
Bericht Nr. 76 Auflage Juli 1975

56. WARREN, S.
LOMBARD, O.
Mortality and radiation exposures of Masschussetts dentists
J. amer. dent. Ass. 80, 329-330

57. YOUNG, E.
KUNKEL, M.G.
Diagnosis, Treatment and Prognosis of Röntgen Ray Injuries
J. amer. dent. Ass. 57, 1, (1955)

58. ZINGSHEIM, M.
Berufsdermatosen der Hände bei Zahnärzten
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 241-244 (1958)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. E.SONNABEND für die freundliche Überlassung des Themas, vor allem aber für die intensive Unterstützung und die freundliche Beratung bei der Bearbeitung danken.

Ferner bedanke ich mich bei Herrn Dipl.-Phys. Dr. D.F. REGULLA für die Hilfe bei der Auswertung des Materials und Herrn Dr. Dr. H.-H.BARTH für die Beratung bei der Gestaltung der Arbeit.

L E B E N S L A U F

Am 4. August 1945 wurde ich als zweiter Sohn des Hotelkaufmanns (fachmann) Ernst Fritsch und seiner Frau Elsa, geborene Thieme, in Santiago des Chile geboren.

Von 1951 bis 1963 besuchte ich die Grundschule und Oberschule an der Deutschen Schule zu Valparaîso.

1964 legte ich das Abitur im Fach Biologie ab.(29.01.1964)

Im Jahr 1964 begann ich das Zahnmedizinstudium an der Universität Chile (Valparaîso).

1965 wurde ich als wissenschaftliche Hilfskraft der Abteilung für Mikrobiologie an der Universität Chile (Valparaîso) eingestellt. (1965-1969)

Am 26. November 1969 legte ich das Staatsexamen ab.

Von 1970 bis 1975 habe ich in eigener Praxis gearbeitet.

Im Juni 1970 wurde ich als Assistent an der Abteilung für Orale- und Maxilofaziale Röntgenologie der Universität Chile (Valparaîso) eingestellt.

Am 05.07.1971 heiratete ich in Vina del Mar in Chile Fräulein Miriam Videla.

1975 erhielt ich ein Stipendium vom Deutschen Akademischen Austauschdienst für die Bundesrepublik Deutschland, worauf ich eine Weiterbildung an der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwigs Maximilian Universität München bei Prof. Dr. E. Sonnabend aufnahm.

Am 26. Juni 1975 erhielt ich vom Bayerischen Staatsministerium des Inneren die Bestallung als Zahnarzt.

Nach Ablauf meines Stipendiums wurde ich ab Januar 1977 Verwalter der Dienstgeschäfte eines wissenschaftlichen Assistenten an der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig Maximilian Universität München.

Seit November 1979 bin ich als Assistent in einer Praxis tätig.